

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-234266
(P2001-234266A)

(43) 公開日 平成13年8月28日 (2001.8.28)

(51) Int.Cl.⁷

C 2 2 C 14/00

識別記号

F I

C 2 2 C 14/00

7-737-7 (参考)

Z

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-38427(P2000-38427)

(22) 出願日 平成12年2月16日 (2000.2.16)

(71) 出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区臨浜町1丁目3番18号

(72) 発明者 宮本 淳之

大阪市中央区備後町4丁目1番3号 株式
会社神戸製鋼所大阪支社内

(72) 発明者 屋敷 貴司

大阪市中央区備後町4丁目1番3号 株式
会社神戸製鋼所大阪支社内

(74) 代理人 100067828

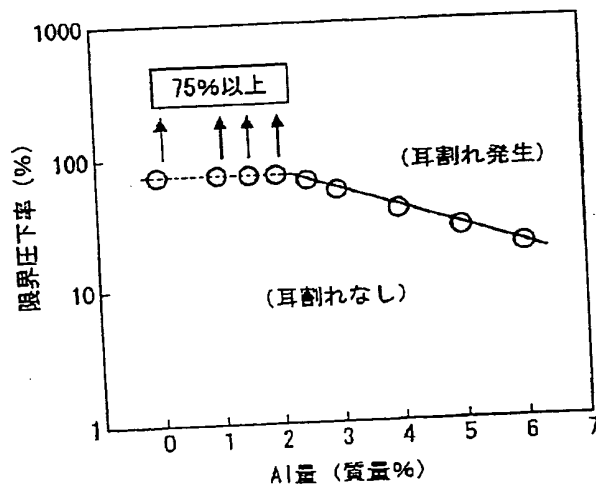
弁理士 小谷 悦司 (外1名)

(54) 【発明の名称】 マフラー用チタン合金材およびマフラー

(57) 【要約】

【課題】 チタン合金が本来有している軽量性及耐食性を活かし、且つ、特にコストや加工性を損なうことなく耐熱性及耐酸化性を高め、自動車やバイクのマフラー用として耐用寿命を高めると共に設計の自由度を高めたマフラー用のチタン合金を開発すると共に、該チタン合金を用いた高性能のマフラーを提供すること。

【解決手段】 0.5~2.3質量%のAlを含み、或いは更に他の合金元素を含み、金属組織がα相：90%体積以上、β相：10%体積%以下であるチタン合金からなるマフラー用チタン合金材と、該チタン合金を用いて作製された軽量で耐熱性、耐酸化性、溶接性などに優れたマフラーを開示する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 0.5～2.3質量%のAlを含むチタン合金からなることを特徴とするマフラー用チタン合金材。

【請求項2】 0.5～2.3質量%のAlを含み、金属組織が α 相：90体積%以上、 β 相：10体積%以下であるチタン合金からなることを特徴とするマフラー用チタン合金材。

【請求項3】 請求項1または2に記載のチタン合金材で構成されたマフラー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自動車やバイクのマフラー用として使用されるチタン合金材に関し、より詳細には、チタン合金が本来有している軽量性及び耐食性を活かし、且つ、特にコストや加工性を損なうことなく耐熱性及び耐酸化性を高め、マフラー用素材として耐用寿命を高めると共に設計の自由度を高めたマフラー用のチタン合金と、該チタン合金を用いたマフラーに関するものである。

【0002】

【従来の技術】自動車やバイクにおける排気系は、エンジンの排ガス出口側から順にエキゾーストマニホールド→エキゾーストパイプ→触媒マフラー→ブリマフラー→サイレンサー（メインマフラー）等によって構成されている（本明細書では、これら個々の部材および全体をマフラーと総称する）。これらマフラーの構成素材として古くは普通鋼が使用されていたが、近年では耐食性に優れたステンレス鋼が主流となっている。

【0003】一方、最近バイクを中心としてTi製マフラーが注目されており、従来の普通鋼やステンレス鋼に比べて下記のような特徴を有することから、レース用バイクを始めとして量産バイクにもTi製マフラーを標準装備される例が増大してきている。

【0004】1)比重が鋼系材料の約60%と非常に軽量であり、車輛の軽量化が可能となる、

2)塩分や排ガス成分を含む腐食性ガスや腐食性液に対する耐食性が極めて良好であり、腐食の問題が一掃される（一般に優れた耐食性を有するものとされているステンレス鋼でも、冬場に凍結防止用として路面に撒かれる塩により腐食を受ける）、

3)軽量であるため駆動時の振動による負荷応力が軽減され、振動疲労に対する耐久性が向上する、

4)鋼に比べて熱膨張率が小さい（普通鋼の約70%、ステンレス鋼の約50%）ため、熱膨張に伴う応力負荷も小さく熱疲労に対する耐久性にも優れている。

【0005】現在実用化されているTi製マフラーの殆どは、JIS2種の工業用純チタンである。自動車やバイクエンジンなどからの排気ガス温度は通常700℃程度以上になるものと予測されるが、バイクの如くマフラー

一外表面が大きく外気に開放されている場合は、該表面から熱が外気に放散されるためマフラー自体の温度はそれほど上昇せず、JIS2種の純チタン材でも支障なく使用できる。ところが、外気に直接開放されていない自動車用マフラーのエキゾーストパイプ、あるいはバイク用マフラーでも複数のエキゾーストパイプが合流する部分に配置されるものは高温になり易いため、現状のJIS2種純チタン材よりも高耐熱性のチタン合金材が望まれる。また温間域（室温～400℃程度の低温域）に配置されるものであっても、高強度で高耐熱性のチタン合金を使用すればJIS2種純チタン材よりも薄肉化することができるので、更なる軽量化と設計自由度の向上が期待される。

【0006】こうした観点に立てば、現存するチタン合金のうちTi-3Al-2.5VやTi-6Al-4Vなどのチタン合金は有望なマフラー用素材になると考えられる。ところが、マフラーへの成形と組立てには素材を薄板化することが必要であり、また加工性にも優れたものでなければならないので、成形加工性に欠ける上記2種の既存チタン合金では要求を満たすことができない。

【0007】即ち、上記Ti-6Al-4V合金は冷間圧延で薄板に加工することができないため、エキゾーストパイプやサイレンサーなどのマフラー用素材として適性を欠く。これに対し上記Ti-3Al-2.5V合金は、ある程度の冷間加工が可能で薄板に加工することができることから、現存するチタン合金の中では最も有望なマフラー用素材と考えられる。ところがこのチタン合金は、冷間圧延工程で耳割れや内部欠陥を生じ易く、圧延と中間焼鈍を複数回繰り返す必要があるため、薄板化のための加工コストが非常に高くなる。しかも、現在汎用されているJIS2種純チタン材に比べると、マフラー状に二次加工する際の成形性もかなり劣る。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明者らは上記の様な事情に着目してなされたもので、下記のような性能を備えたマフラー用チタン合金材を提供すると共に、該チタン合金を用いた耐熱・耐酸化性に優れたマフラーを提供することにある。

【0009】1)JIS2種純チタン材よりも耐熱性、耐酸化性に優れたチタン合金を開発し、マフラーの高温部にも適用可能にすること。従来のJIS2種純チタン材で支障なく使用し得る部位に適用する場合であっても、耐熱性及び耐酸化性を更に改善すれば一層の薄肉化が可能となり、ひいては更なる軽量化と設計自由度の向上が期待できる、

2)耐熱性に優れた従来のチタン合金（Ti-3Al-2.5VやTi-6Al-4Vなど）に欠ける冷間加工性を改善し、薄板への冷間加工性やマフラーへの成形加工性をJIS2種純チタン材並みに高める、

3) マフラー加工に当たっては溶接接合が必須とされるので、優れた溶接性を保障できる材料であること。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決することのできた本発明に係るマフラー用チタン合金材は、0.5～2.3質量%のAlを含むチタン合金、および0.5～2.3質量%のAlを含み、金属組織が α 相：90体積%以上、 β 相：10体積%以下であるチタン合金からなるところに要旨を有している。また本発明のマフラーは、上記チタン合金を構成素材として作製されたもので、該マフラーとは、エキゾーストマニホールド、エキゾーストパイプ、触媒マフラー、プリマフラー、サイレンサー（メインマフラー）などの個々のマフラー部品およびそれらを含めた全体を総称する。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明者らは上記課題を掲げてその目的を達成すべく、チタン材に対して耐熱性向上効果を有する合金元素であるAlに着目して研究を行なった。Alがチタン材の耐熱性向上に有効な合金元素であることは周知のことであるが、本発明者らが実験によって確認したところによると、チタンに合金元素としてAlを添加していくと、特に圧延性が大幅に低下してくることが分かった。

【0012】ちなみに図1は、Ti-Alの2元系合金におけるAl含有量が冷間圧延性に及ぼす影響を示したもので、冷間圧延で耳割れが発生するまでの限界圧下率を調べた結果を示したグラフである。この図からも明らかな様に、Al含有量が2～2.3%（元素含有量の場合は質量%を意味する、以下同じ）以下の領域では、75%の冷間圧延を行なっても耳割れは発生せず、十分な圧延性が保障される。ところが、Al含有量が2.3%を超えると明らかに限界圧下率の低下が認められる様になり、5%以上になると耳割ればかりでなく板幅全体に亘ってクラックが発生する。そして冷間加工率で75%を確保できれば、現在マフラー用として汎用されているJIS2種純チタンと同様の工程で薄板化することができ、製造コストの実質的な上昇も避けられることから、加工性の面からするとAl含有量を2.3%以下に抑えることが必須となる。

【0013】一方、チタン合金の耐熱性に及ぼすAl添加量の影響を確認するため、JIS2種純チタン材とTiに0.5～4%のAlを添加したチタン合金について室温引張試験を行ない、0.2%耐力および引張強さに及ぼすAl添加量の影響を調べた。結果は図2に示す通りであり、Al含有量の増大に伴って室温強度はほぼ比例的に増大していくことが分かる。

【0014】また図3、4は、Al添加による耐熱性に及ぼす効果を確認するため、JIS2種純チタンおよびAl含有量の異なるTi-Al合金について、温度と0.2%耐力及び引張強さの関係を調べた結果を示した

グラフである。

【0015】これらのグラフからも明らかな様に、純チタンでは温間域での強度低下が著しく、200℃程度でも室温強度の約半分に低下し、300℃を超えると強度低下は更に顕著になる。これに対しTi-Al合金では、温度の上昇に伴う強度低下は避けられないものの、その低下傾向は純チタンに比べて小さく、またAl含有量を多くするにつれて強度の絶対値および低下傾向は小さくなる。そして特にAl含有量を1.0%以上に高めた合金では、500℃近傍でも室温強度の約半分の強度を保っており、特に200～500℃の温間域での強度を比較すると、純チタンに対して2倍～3倍の強度を示すことが分かる。そしてこうしたAl添加による高温強度向上効果は、Al含有量を0.5%以上、更に好ましくは1.0%以上とすることによって有効に発揮されることを確認できる。

【0016】これらの実験結果から本発明では、特に200～500℃における温間域の耐熱性を確保するための要件として、Al含有量を0.5%以上と規定した。耐熱性確保の観点からより好ましいAl含有量の下限は1.0%以上である。尚チタンに適量のAlを添加すると耐酸化性も向上することが知られており、上記の様に0.5%以上のAlを含有させると該耐酸化性向上効果も有効に発揮され、これもマフラー用素材としての適性向上に寄与する。Al含有量の上限については、先に述べた様に成形加工性の観点からAl含有量を2.3%と定めたが、より好ましい上限は2.0%である。

【0017】上記の様に本発明では、マフラー用素材として求められる成形加工性と耐熱・耐酸化性を確保するための要件としてTiに0.5～2.3%のAlを含有させたところに特徴を有しており、その最も単純で原料コストや量産性も加味した好ましい合金組成はTi-(0.5～2.3%)Alからなる2元系のチタン合金であるが、上記本発明の特徴を損なわない範囲で、あるいはそれらの効果の更なる向上もしくは他の性能向上を期して、Al以外の合金元素を含有させることも有効である。

【0018】それら他の合金元素の具体例としては、室温～温間域での強度向上効果を発揮する固溶強化元素（Mo, V, Cr, Fe, Sn, Zrなど）；温間～熱間域での耐熱強度向上効果を有するW, Ta, Nb, 希土類元素など；耐熱性向上効果を有するB, Cなどが例示され、これらの合金元素を適量含有させて3元系～4元系以上の多元系合金とすることも可能である。

【0019】これら多元系Ti合金であっても、主たる合金元素がAlで、且つ他の合金元素を添加した合金全体としての金属組織が、上記規定範囲のAlを含むTi-Al合金の基本構造である α 相を90体積%以上含むものであれば、本発明で意図する前述した成形加工性や溶接性、耐熱・耐酸化性を十分に確保することができ

る。よって、金属組織として90体積%以上の α 相を確保し得る限度で前記他の合金元素を添加することも可能である。ちなみに、純チタンの結晶構造は α 相であり、Alは α 相安定化元素として作用するため、Ti-Al二元系合金は実質的に全てが α 相の合金となる。またMo, V, Cr, Feなどは β 相安定化元素であって、それらの元素含有量が多くなると β 相が増大し、特に耐熱性や溶接性に悪影響が現われてくるので、それら合金元素の添加量は、添加量そのもので上限を規定するのではなく、それらの影響が殆ど現われない β 相：10体積%未満の金属組織を確保できる範囲内に抑えることが必要となる。

【0020】尚本発明のチタン合金は、前述の如く従来の純チタンに匹敵する冷間圧延性と成形加工性、更には溶接性を有しているので、該合金を用いたマフラー用素材やマフラーの製法は純チタンに準じた方法を採用すればよく、例えば、所定の合金組成となる様に原料成分を調整して溶製した後、常法に従って鋳造し、鍛造および熱間圧延の後焼鈍してから表面を脱スケールし、次いで所定厚さまで冷間圧延してから焼鈍し、得られる薄板を湾曲加工してからシーム溶接することにより管状に加工し、最後にマフラー形状に成形加工する方法が一般的に採用される。この間の熱延条件や冷延条件、焼鈍条件、シーム溶接条件などは、用いるチタン合金の成分組成などに応じてその都度適正に調整すればよい。

【0021】

【実施例】以下、実施例を挙げて本発明の構成と作用効果をより具体的に説明するが、本発明はもとより下記実施例によって制限を受ける訳ではなく、前・後記の趣旨に適合し得る範囲で適当に変更して実施することも可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。

【0022】実施例

(1) Ti-Al二元系合金薄板の製造

真空アーク溶解炉を用いて、純チタンおよびAl含有量が0~6%のTi-Al合金を溶製し、250gのなまこ型インゴットを製造し、各インゴットを用いて図5に示す工程を経て厚さ1mmの薄板に加工した。冷間圧延は板厚4mmから開始し、最終1mm厚さ（圧下率：75%）まで圧延することとし、途中で耳割れが発生した合金についてはその時点で圧延を中断した。尚、冷間圧延前に行なわれる熱間圧延の温度や焼鈍温度については、予備実験で確認した最適条件を採用した。この実験で得た限界圧下率に及ぼすAl含有量の影響を示したのが前記図1である。なお、同様の製法で既存合金であるTi-3Al-2.5V合金薄板も試作したが、このものは、冷間圧延圧下率が約45%で内部割れを起こし、55%で耳割れを起こすことが確認された。

【0023】(2) Ti-1.5Al合金薄板の製造
代表的なAl添加合金として、Ti-1.5Al合金薄

板の製造を行なった。製法は、高周波スカル溶解法により溶製してから鋳造した25kgのインゴットを使用し、鍛造→熱間圧延→焼鈍→脱スケール→冷間圧延→真空焼鈍の工程を経て、板厚1mmのコイル状に加工した。この時、熱間圧延以降の条件は前記図5に示した条件に準じた。この実験により、Ti-1.5Al合金も、JIS2種純チタンと実質的に同じ工程および条件で薄板状に加工できることが確認された。

【0024】前記図3、4に示したTi-1.5Al合金のデータは、このコイルを供試材として温間域の引張試験を行なった結果を示したものである。該図のTi-1.5Al合金をみれば明らかである様に、この合金の室温での耐力は、従来のTi系マフラー材であるJIS2種純チタンの約1.25倍、300~500℃の温間域では2.5~3.5倍となり、こうした強度特性を活かせば、大幅な薄肉化と軽量化を達成し得ることが分かる。

【0025】また、図3、4に示したTi-0.5Al, Ti-1.0Al, Ti-2.0Al合金のデータは、前記(1)で作製した板材を使用し、室温、200℃、400℃での引張試験を行なった結果を示している。

【0026】(3) Ti-1.5Al合金溶接管の製造
上記薄板コイルから幅120mmの帯板を切り出し、これを幅方向に湾曲加工してからシーム溶接することにより、厚さ1mm、直径38mmの溶接管を製造した。なお造管に当たっては、コイル長さが短かったため、ダミーとしてJIS2種純チタン帯板を溶接して予め該純チタンで形状を安定化させた後、連続してTi-1.5Al合金部をシーム溶接する方法を採用した。

【0027】該溶接管を得る際の湾曲加工性およびシーム溶接性は共に全く支障がなく、純チタン薄板を用いた場合と実質的に変わらない条件で健全なシーム溶接管を得ることができた。該溶接管の代表的な機械的特性は下記の通りであり、マフラー用チタン合金材として十分な特性を有していることを確認できた。

【0028】①該溶接管の引張試験を行なったところ、0.2%耐力は440MPa、引張強さは510MPa、伸び率は35%であり、成形加工性に関係する伸び率は純チタンに匹敵する値であった。

【0029】②溶接管端面に60度の円錐形コーンを押し込んで行なう押し広げ試験で得られた限界押し広げ率は1.4であり、この値は純チタン溶接管並みであって溶接部の延性劣化も殆ど生じていないことが確認された。

【0030】③直径38mmの溶接管を、曲げ半径90mmで曲げ加工を行なったところ、割れや皺などの問題は全く生じることがなく、従ってこの溶接管は、エキゾーストパイプ、その他のマフラー部材への成形加工に十分耐える曲げ加工性を有していることが確認された。

【0031】(4)マフラーへの成形加工

Ti-6Al-4V合金のスクラップ330Kgと、スポンジチタン70Kgを使用し、純チタン薄板コイルの量産工程で採用される溶製法と同様に消耗電極式アーク溶解炉を用いてTi-2Al-1.3V合金を溶製し、1トンのインゴットを製造した。これを常法に従って分塊鍛造→熱間加工→焼鈍→脱スケール→冷間圧延→真空焼鈍の工程を経て板厚0.75mmのコイルを製造した。この実験で、Ti-2Al-1.3V合金も、純チタンの製造工程を実質的にそのまま適用して薄板状に加工し得ることを確認した。

【0032】得られたコイルを使用し、直径38mmおよび50mmの溶接管を製造すると共に、該溶接管を、エキゾーストパイプ、サイレンサーパイプの外筒および内装の一部に用いたバイクマフラーを製造したところ、マフラー組み立てに際して何らの問題も生じなかった。またこのマフラーは、JIS2種純チタンを用いた同サイズ・寸法のマフラーに比べて約20%の軽量化が図られ、実車評価試験でも何らのトラブルも生じなかった。

【0033】(5)Ti-A1系合金の溶接性確認試験

供試材	位置	引張強さ (MPa)	伸び (%)	α 相量 (体積%)	備考
JIS2種純Ti	母材	393	41	100	比較例
	溶接継手	385(0.99)	40(0.98)		
Ti-1.5Al合金	母材	446	33	100	実施例
	溶接継手	420(0.94)	26(0.79)		
Ti-2Al-1.3V合金	母材	550	25	95	実施例
	溶接継手	535(0.97)	17(0.68)		
Ti-3Al-2.5V合金	母材	693	19	90	比較例
	溶接継手	692(1.00)	12(0.63)		
Ti-6Al-4V合金	母材	958	15	84	比較例
	溶接継手	1009(1.05)	6(0.40)		

()内の数は(溶接継手/母材)の比率を表わす

【0037】表1からも明らかな様に、 α 相量の減少に伴って母材および溶接継手部の伸びは低下し、特に α 相量が90体積%未満になると延性が急激に低下することが分かる。

【0038】(6)Ti-A1合金の耐酸化性の調査

前記(1)で作製したTi-A12元系合金よりなる板材を使用し、耐酸化性の調査を行なった。加熱は大気中700℃×20時間および40時間とし、得られた結果を表2に示した。この表からも明らかな様に、Al添加によって耐酸化性が向上し、従来の純Tiに比べてマフラー材として好ましい素材であることが分かる。

【0039】

【表2】

JIS2種純Ti、Ti-3Al-2.5V合金、Ti-6Al-4V合金の各工場量産材(板厚1mm)および前記(2)、(4)と同様にして作製した板材(それぞれ板厚は1mm、0.75mm)を供試材として使用し、溶接性の確認試験を行なった。なお各供試材はいずれも焼鈍仕上げ状態のものである。

【0034】この試験では、供試材の板面を圧延方向にTIG溶接によって板の裏面まで貫通するビード(約2mm幅)を形成し、溶接継手と類似したサンプルを作製した。これらのサンプルについて、引張方向がビードと直角になる様に試験片を加工して溶接継手引張試験を行なった。

【0035】結果を母材部の強度特性と共に表1に示す。また表1には、夫々の供試材について α 相量(体積%)をX線回折強度から同定した結果も示した。ここに取り上げた合金は、何れも α 単相または $\alpha+\beta$ 2相合金であるため、 β 相量=100- α 相(体積%)の関係が成立する。

【0036】

【表1】

供試材	酸化増量(mg/cm ²)	
	700℃×20時間	700℃×40時間
JIS2種純Ti	0.45	0.70
Ti-1Al合金	0.34	0.51
Ti-2Al合金	0.32	0.42
Ti-3Al合金	0.31	0.38
Ti-4Al合金	0.26	0.28

【0040】

【発明の効果】本発明は以上の様に構成されており、Tiに特定量のAlを含有させ、或いは更に他の合金元素を含むものでは90体積%以上の α 相を有する金属組織を確保することにより、従来の普通鋼やステンレス鋼に比べて極めて軽量であり、しかも純チタン材に匹敵する優れた冷間圧延性と成形加工性を有すると共に、耐熱性や耐酸化性、溶接性などにも優れたマフラー素材を提供すると共に、軽量で設計自由度の高いマフラーを提供し得ることになった。従ってこのチタン合金は、マフラー材、特に自動車やバイクへの装着状態で熱放散が起こり難く高温になり易い部位に配置されるエキゾーストパイ

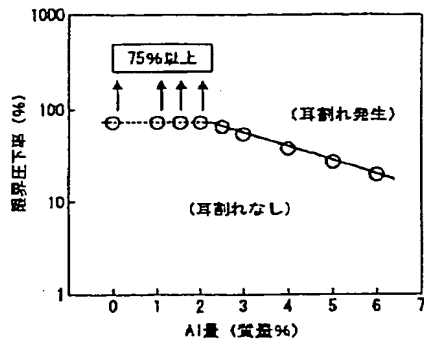
ブやブリマフラー、サイレンサー内外装部品などとして極めて有効に利用できる。

【図面の簡単な説明】

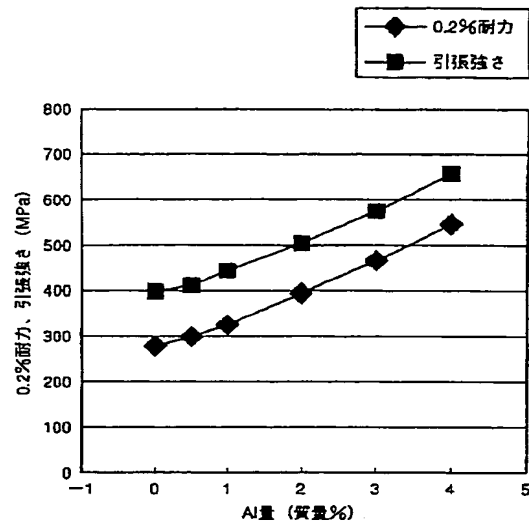
【図1】TiへのAl添加量と冷間圧延時の限界圧下率の関係を示すグラフである。

【図2】TiへのAl添加量が、室温での0.2%耐力および引張強さに与える影響を示したグラフである。

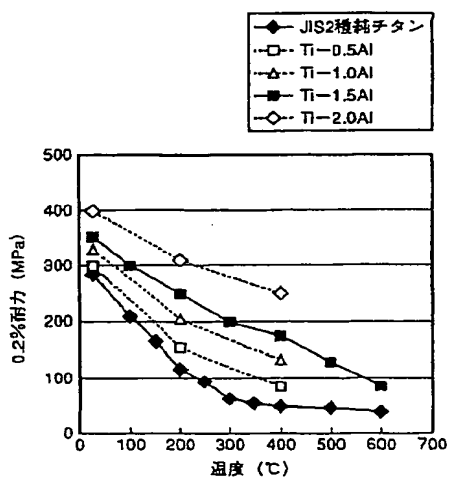
【図1】



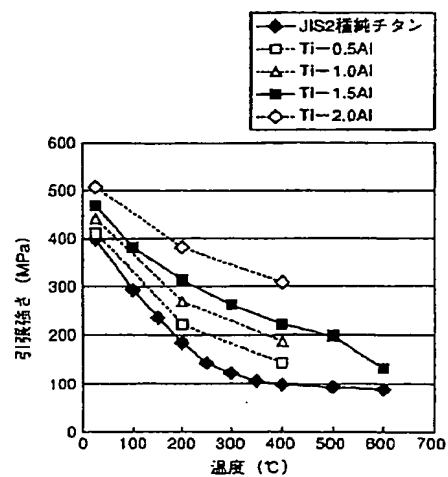
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

